

Search for new neutral gauge bosons in 1.8-TeV proton-antiproton collisions

著者	Hayashi Eiichiro
内容記述	Thesis (Ph.D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 1660, 1997.3.24
発行年	1997
URL	http://hdl.handle.net/2241/5883

氏 名(本 籍)	はやし 林	えいいちろう 英一郎 (千 葉 県)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)	
学 位 記 番 号	博 甲 第 1,660 号	
学位授与年月日	平成 9 年 3 月 24 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当	
審 査 研 究 科	物 理 学 研 究 科	
学 位 論 文 題 目	Search for New Neutral Gauge Bosons in 1.8-TeV Proton-Antiproton Collisions (重心系1.8-TeV 陽子・反陽子衝突実験における新中性ゲージ粒子の探索)	
主 査	筑波大学教授	理学博士 近 藤 都 登
副 査	筑波大学教授	理学博士 宇 川 彰
副 査	筑波大学教授	理学博士 金 信 弘
副 査	筑波大学教授	理学博士 滝 川 紘 治

論 文 の 内 容 の 要 旨

素粒子の弱い相互作用のゲージ粒子である Z^0 ボソンは、電弱統一理論で予言され、1984年に CERN (ヨーロッパ核物理学中央機構) において発見された。標準模型を超えるいくつかの理論は、新しい中性ゲージ粒子 Z' の存在の可能性を示唆している。例えば、左右対称理論や超弦理論の流れを汲む E_6 模型などである。この Z' を陽子・反陽子衝突実験において探索し、標準模型を超える物理になんらかの示唆を与えることが、この研究の目的である。データは、1992～1995年に米国フェルミ加速器研究所のテバトロン衝突器と CDF (Collider Detector at Fermilab) 粒子検出器を用いて収集された。積分ルミノシティは、110逆ピコバーンにあたる。

陽子・反陽子衝突によって生成された Z' は、レプトン対に崩壊する事象を通じ直接観測され得る。このうち、著者は、電子・陽電子対に崩壊する事象を用いて探索を行った。探索の方法は、電子・陽電子対を持つ事象を選びだし、電子・陽電子対の不変質量の分布で、 Z^0 ボソン、Drell-Yan 過程その他の背景事象から予想される分布と比較し、背景事象では説明できない質量分布のピークを探すことである。

CDF 検出器は、粒子の電荷の符号と運動量を測定する磁場と飛跡検出器、粒子のエネルギーを測定するカロリメーターおよびミュオン粒子検出器からなる。電子および陽電子は、カロリメーターで観測されたエネルギーの分布、およびこのエネルギーと飛跡検出器で測定された粒子の運動量との関係などから同定される。

Z' 事象と見間違えられるいわゆる背景事象として、(1) W ボソンのレプトン崩壊、(2) Z^0 、(3) Drell-Yan 事象その他、(4) ジェットの誤認などが考えられる。

(1) W ボソンの電子への崩壊は電子・陽電子対のビーム軸に対して直角方向の運動量バランスを要求して、除去された。(2) (1)の選択で残った事象は7120事象で、そのうち Z^0 の寄与が少ないと考えられる電子対の不変質量が $150\text{GeV}/c^2$ をこえるものは、86事象であった。(3) この質量領域での Drell-Yan 事象からの寄与は、 Z^0 ボソンを用いてモンテカルロシミュレーションと観測された事象の比較を行った結果、33事象程度と推定された。その他の電子対を生成する背景事象からの寄与は、モンテカルロシミュレーションによって推測を行った結果、それら全てを合わせても 6 事象程度と推測された。(4) 電子対のうち片方は飛跡検出器の外にある事象も含まれるため、実際には電子ではないジェットと呼ばれるハドロンの空間的に極在した流れが電子と誤って同定される事象がある。 Z^0 ボソン、Drell-Yan 及び Z' 事象から予想される電子の周辺で観測されたエネルギーの分布からこの寄与を測定した。

(1)~(4)の背景事象と観測された事象の不変質量分布を比較した結果、 Z' が存在する微候は得られなかった。さらに、モンテカルロシミュレーションにより、 Z^0 ボソンと Drell-Yan 事象および仮定された Z' から崩壊した電子・陽電子対の不変質量の分布を推測した。この分布を観測された事象の質量分布と比較することにより、 Z' の生成断面積の上限値を95%の信頼度で不変質量の関数として求めた。一方、それぞれの理論模型では、 Z' の生成・崩壊の結合定数、従って生成断面積が予言されており、質量が大きくなるにつれて生成断面積は小さくなるため、実験的に決められた上限値と理論計算との比較から Z' の質量の下限値をそれぞれ導きだすことができ、 E_6 などのモデルに対してこれを行った。また、結合の強さを Z^0 ボソンと同じであると仮定し同様に質量の下限値を求めると、下限値は電子対に崩壊する過程のみでは $655\text{GeV}/c^2$ 、ミュー粒子に崩壊する過程を合わせると $690\text{GeV}/c^2$ と得られた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

未知の中性ゲージボソン Z' が存在するかどうかは、素粒子の標準模型を超える物理にとって、大きな手がかりを与えるものである。 Z' の探索は、CDF 実験の当初から始められたが、筆者は、筆者も参加して収集した新しいデーターを用いてこれを行い、現在世界でもっとも高い質量の下限値を得た。解析は従来のものに比較し、ジェットの背景事象の評価など新しく厳密な扱いをしており、結果の信頼度は高い。

以上により、この研究は、現在および将来の素粒子物理に大きな貢献をするものと判断する。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。